

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平1-129483

⑬ Int. Cl.⁴

H 01 S 3/18
H 04 B 9/00

識別記号

庁内整理番号

7377-5F
8523-5K

⑭ 公開 平成1年(1989)5月22日

審査請求 未請求 発明の数 2 (全5頁)

⑮ 発明の名称 光増幅装置

⑯ 特 願 昭62-287655

⑰ 出 願 昭62(1987)11月14日

⑱ 発 明 者 古 賀 正 文 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

⑲ 発 明 者 神 野 正 彦 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

⑳ 発 明 者 松 本 隆 男 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

㉑ 出 願 人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

㉒ 代 理 人 弁理士 井出 直孝

明 細 書

1. 発明の名称

光増幅装置

2. 特許請求の範囲

(1) 両端面に無反射被膜が設けられた半導体レーザ素子を光増幅器として備えた光増幅装置において、

同一光路上に縦続に配置された二つの半導体レーザ素子を備え、

この二つの半導体レーザ素子は、その活性層の厚さ方向が上記光路上の光の偏向に対して互いに直交して配置された

ことを特徴とする光増幅装置。

(2) 両端面に無反射被膜が設けられた半導体レーザ素子を光増幅器として備えた光増幅装置において、

同一光路上に縦続に配置された二つの半導体レーザ素子を備え、

この二つの半導体レーザ素子は、その活性層の厚さ方向が上記光路上の光の偏向に対して互いに直交して配置され、

上記二つの半導体レーザ素子の間の光路上に実質的に偏波依存性のない光アイソレータを備えたことを特徴とする光増幅装置。

(3) 光アイソレータはその出射端に光フィルタを含む特許請求の範囲第(2)項に記載の光増幅装置。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は光通信その他の光信号処理に利用する。特に、半導体レーザ素子を光増幅器として利用する光増幅装置に関する。

〔従来の技術〕

従来から半導体レーザ素子は、発振素子ではなく光増幅器として利用されている。このような光増幅器として、両端面に無反射被膜が設けられた半導体レーザ素子を1個または複数個縦続に配置した連行波形光増幅器が知られている。

第6図は一般的な光増幅器の構成を示す。ここで、この光増幅器61の活性層62の厚さ方向をx方向とし、活性層の幅方向をy方向とする。この光増幅器61を使用するには、一般に、電界の振動方向をy方向とするTE波をx軸およびy軸と直交するz軸方向に注入する。この場合に、現状では1個の光増幅器で最大25dB程度の利得が得られている。

〔発明が解決しようとする問題点〕

しかし、半導体レーザ素子を光増幅器として使用する場合には、TM波に対する利得が小さい欠点がある。TE波に比べると、TM波の利得は3～8dB程度小さい。これは、TEモードとTMモードに対する素子の閉じ込め係数 Γ_{TE} 、 Γ_{TM} が異なるからである。一般に製造されている半導体レーザ素子では、 Γ_{TE} と Γ_{TM} との比 Γ_{TE}/Γ_{TM} は0.9～0.7であり、この値を1にすることは現状では困難である。

また、無反射被膜が良好でなければ、TM波に対する利得は上述の3～8dBよりさらに小さくなる。

り、利得差が大きくなる。

TE波とTM波とに対する利得差が大きいと、偏光状態に応じて利得が変化してしまう。このため、単一モード光ファイバを用いた伝送系のように偏光状態が保持されていない系で光増幅器を用いるには、偏波補償回路が必要となり、送信装置および中継装置が複雑となる欠点がある。

これらの問題については、IEEEジャーナル・オブ・クォンタム・リレクトロニクス第QE-23巻第6号1987年6月第1011頁ないし第1013頁(IEEE J. Quantum Electronics Vol. QE-23, No. 6, June 1987, pp1011-1013)や、外国通信技術1985年6月第29頁に詳しく説明されている。

本発明は、以上の問題点を解決し、偏光状態に依存しない光増幅装置を提供することを目的とする。

〔問題点を解決するための手段〕

本発明の光増幅装置は、同一光路上に縦続に配置された二つの半導体レーザ素子を備え、この二つの半導体レーザ素子は、その活性層の厚さ方向

が上記光路上の光の偏向に対して互いに直交して配置されたことを特徴とする。

さらに、二つの半導体レーザ素子の間の光路上に、実質的に偏波依存性のない光アイソレータを備えることが望ましい。また、光の出射端には光フィルタを設けることが望ましい。

〔作用〕

本発明の光増幅装置は、同一の条件で製造された二つの半導体レーザ素子を利用し、その活性層の厚さ方向が光路上の光の偏向に対して互いに直交していることから、偏光によらず一定の利得を得ることができる。

〔実施例〕

第1図は本発明第一実施例光増幅装置の構成を示す。

この光増幅装置は、両端面に無反射被膜が設けられた半導体レーザ素子を光増幅器3、6として備え、この二つの光増幅器3、6は同一光路上に縦続に配置され、その活性層4、7の厚さ方向が光路上の光の偏向に対して互いに直交して配置さ

れている。さらにこの光増幅装置は、光増幅器3、6の間に集光用のレンズ5を備えている。

入射側にはセルフオックレンズ2が設けられた単一モード光ファイバ1が配置され、出射側にはセルフオックレンズ8が設けられた単一モード光ファイバ9が配置される。

単一モード光ファイバ1を伝搬した光は、セルフオックレンズ2を介して光増幅器3の活性層4に注入される。この注入光は、TE波およびTM波に対してそれぞれ利得 G_{TE1} 、 G_{TM1} だけ増幅されて出力される。この出力光は、レンズ5を経由して光増幅器6の活性層7に注入される。この注入光は、TE波およびTM波に対してそれぞれ利得 G_{TE2} 、 G_{TM2} だけ増幅されて出力される。この出力光は、セルフオックレンズ2を介して単一モード光ファイバ9に結合する。

ここで、光増幅器3に注入される光のパワーを P_{in} 、この光増幅器3の出力光のパワーを P_{out1} 、光増幅器6の出力光のパワーを P_{out2} とする。

第2図は光増幅器3による利得を説明する図で

ある。ここで、従来例で説明したと同様に、活性層4の厚さ方向をx方向とし、活性層の幅方向をy方向とし、光の進行方向をz軸とする。

一般に光増幅器3に注入される光は、電界成分 E_x 、 E_y および E_z を用いて、

$$\begin{cases} E_x = a_1 \cos(\omega t - k z + \theta_1) \\ E_y = a_2 \cos(\omega t - k z + \theta_2) \\ E_z = 0 \end{cases} \quad (1)$$

と表すことができる。ここで、 ω は光の角振動数であり、 k は真空中での伝搬定数であり、 θ_1 、 θ_2 はそれぞれ E_x 、 E_y の位相定数である。

TE波、TM波に対する利得がそれぞれ G_{TE1} 、 G_{TM1} ($G_{TE1} \neq G_{TM1}$) なる光増幅器3に(1)式で表される光を注入すると、この光増幅器3から出力される光は、

(以下本頁余白)

$$\begin{cases} E_x' = G_{TE1} \cdot E_x \\ \quad = G_{TE1} a_1 \cos(\omega t - k z + \theta_1) \\ E_y' = G_{TM1} \cdot E_y \\ \quad = G_{TM1} a_2 \cos(\omega t - k z + \theta_2 + \theta_3) \\ E_z' = 0 \end{cases} \quad (2)$$

と表される。 θ_3 は光増幅器3内におけるTE波とTM波との伝搬定数の違いからくる位相の遅れである。

さらにこの光を光増幅器6に注入すると、

$$\begin{cases} E_x'' = G_{TE2} \cdot E_x' \\ \quad = G_{TE2} G_{TE1} a_1 \cos(\omega t - k z + \theta_1 + \theta_3) \\ E_y'' = G_{TM2} \cdot E_y' \\ \quad = G_{TM2} G_{TM1} a_2 \cos(\omega t - k z + \theta_2 + \theta_3) \\ E_z'' = 0 \end{cases} \quad (3)$$

となる。これを第3図に示す。

したがって二つの光増幅器3、6による全体的な利得 G は、

$$G = P_{out} / P_{in} = \frac{\sqrt{(G_{TE2} G_{TE1} a_1)^2 + (G_{TM2} G_{TM1} a_2)^2}}{\sqrt{a_1^2 + a_2^2}} \quad (4)$$

となる。ここで、

$$G_{TE1} / G_{TM1} = G_{TE2} / G_{TM2} = b \text{ (定数)} \quad (5)$$

とすると、(4)式は、

$$G = b G_{TE1} \cdot G_{TE2} \quad (6)$$

となる。この式は、この光増幅器の利得が、偏光状態に依存することなく一定であることを示す。(5)式は、同一条件で製造された二つの半導体レーザ素子に対して近似的に成立する。また、(3)式の位相項が等しいことは、二つの光増幅器3、6によりTE波とTM波との伝搬定数の差が補償されることを示す。

第4図は本発明第二実施例光増幅装置の構成を示す。この実施例では、性能向上のために、二つの光増幅器3、6の間に偏波依存性のない光アイソレータ10が挿入されている。また、光増幅器3

と光アイソレータ10の間にはレンズ5'が配置され、光アイソレータ10と光増幅器6の間にはレンズ5''が配置される。これ以外の構成は第一実施例と同等である。

光アイソレータ10の効果について説明する。前段の光増幅器3から出力された光は、後段の光増幅器6に注入されて増幅される。増幅された光の一部は、無反射被膜の不完全性のために、後方すなわち前段の増幅器3の方向にも出力される。また、後段の光増幅器6は、それ自身が多くの自然放出光を出力している。これらの光が前段の光増幅器3に戻ると、雑音の増加および利得の飽和を引き起こす。光アイソレータ10によりこれを防止することができる。

光アイソレータ10としては偏波面依存性のないものを用いる必要がある。このような光アイソレータは、例えばトランザクションズ・オブ・IEEE、1979年7月第62-C巻第7号(Trans. IEEE, 1979/7, vol. 62-C, No. 7)に示されている。

第5図は本発明第三実施例光増幅装置の構成を

示す。この実施例では、第二実施例におけるレンズ5''に代えて、光フィルタ11と、その両側に配置されたレンズ12、13とを備える。

光フィルタ11は10dB低下幅が1nm以下の光フィルタである。また、レンズ12は、光アイソレータ10からの光をコリメートするためのものであり、レンズ13は光フィルタ11を透過した光を後段の光増幅器6に集光するためのものである。

光フィルタ11としては誘電体多層膜フィルタまたはエタロン板が適しているが、前者の方が損失が少ない。また、誘電体多層膜フィルタを用いる場合には、光軸方向に対して5°程度傾けることにより、反射による特性劣化を緩和できる。

光フィルタ11を用いることにより、後段の光増幅器6に注入される前段の光増幅器3の自然放光量を10dB以上にわたり低減することができる。これにより、後段の光増幅器6の利得飽和の加速および雑音増加を防ぐことができる。

図示していないが、後段の光増幅器6の出力側にも光フィルタを配置することにより、さらに雑

音を低減できる。

以上の実施例では、二つの光増幅器3、6の間で光が直達し、しかもその偏光の方向が変化しない場合を例に説明したが、これらの方向が変化しても、その変化の方向に沿って活性層4、7を互いに直交に配置することにより、同様に本発明を実施できる。

(発明の効果)

以上説明したように、本発明の光増幅装置は、偏光状態に依存せずに、注入された光に対して一定の利得を示す。したがって、偏波面が保存されない伝送系において、偏光状態に依存せずに一定の増幅を行うことができる。本発明は、単一モード光ファイバを用いた伝送装置に利用して特に効果がある。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明第一実施例光増幅装置の構成を示す図。

第2図は光増幅器による利得を説明する図。

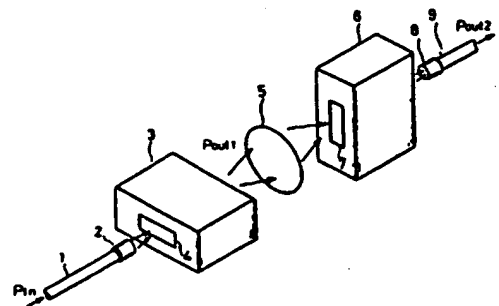
第3図は二つの光増幅器による利得の効果を示す図。

第4図は本発明第二実施例光増幅装置の構成を示す図。

第5図は本発明第三実施例光増幅装置の構成を示す図。

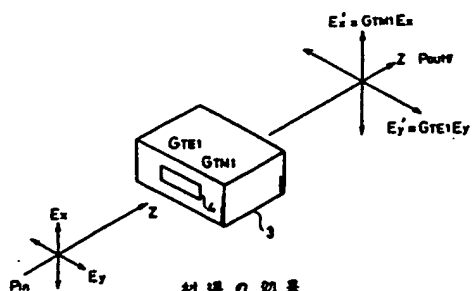
第6図は半導体レーザ素子を用いた一般的な光増幅器の構成を示す図。

1、9…単一モード光ファイバ、2、8…セルフォックレンズ、3、6…光増幅器、4、7…活性層、5、5'、5''、12、13…レンズ、10…光アイソレータ、11…光フィルタ。

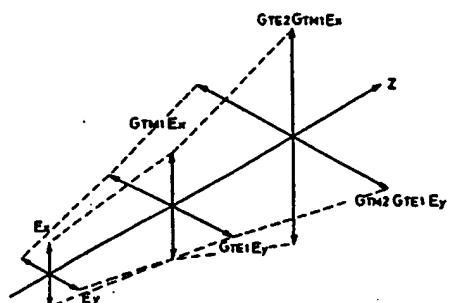


第一実施例
第1図

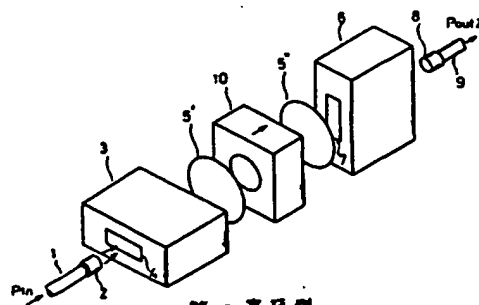
特許出願人 日本電信電話株式会社
代理人 弁理士 井出直孝



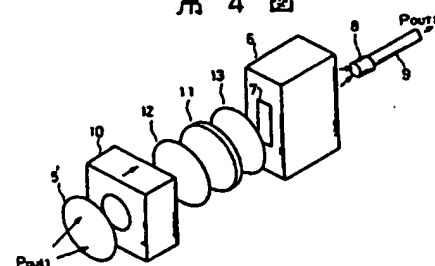
利得の効果
第2図



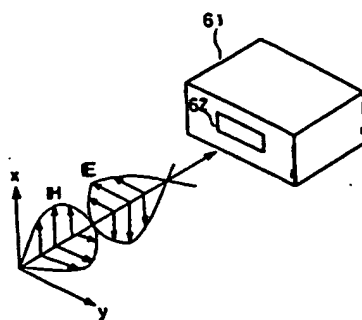
二つの光増幅器による利得
第3図



第一実施例
第4図



第二実施例
第5図



光増幅器
第6図

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.